Bau und Entwicklung

der

Molaren bei Mus und Arvicola.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

kgl. Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

vorgelegt

von

Robert Mahn

approb. Zahnarzt aus Berssel.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1890.

Separat-Abdruck aus: Morpholog. Jahrbuch. XVI. Heft 4.

Einleitung.

Im Gebisse der Säugethiere finden sich zwei Arten von Zähnen, die sich durch den Besitz oder das Fehlen des Wurzeltheiles unterscheiden. Bei der Wichtigkeit, welche die Form des Kauapparates für die systematische Eintheilung der Säuger hat, ist natürlich die Frage schon vielfach erörtert worden, wie sich der wurzeltragende zum wurzellosen Zahne verhalte? Der Versuch, darauf eine genügende Antwort zu finden, hat aber die Forscher in zwei große Parteien gespalten, die mit allem Aufgebote des Scharfsinnes entgegengesetzte Meinungen zu beweisen suchen.

Weil der schmelzkronige Wurzelzahn durch den ganzen Kreis der Wirbelthiere verbreitet ist und in alten Fossilablagerungen gefunden wird, glauben die Einen diesen als den phylogenetisch älteren und den wurzellosen, permanent nachwachsenden Zahn als sekundär betrachten zu müssen. Die Anderen hingegen sehen in dem scheinbar einfachen Bau des wurzellosen Zahnes, der eigentlich nur eine mächtig entwickelte Schmelzkrone darstellt, die Urform des Säugethierzahnes gegeben und leiten aus ihr den Wurzelzahn ab.

Die Lösung der Frage wurde bisher nur durch Vergleichung recenter und fossiler Zähne angestrebt, wobei die Summe der Thatsachen zu Gunsten der Anschauung sprach, die den Wurzelzahn als ursprünglichen Typus auffasste, aber eine Entscheidung auf embryologischem Wege ist bisher noch nicht versucht worden.

Auf diese Lücke der bisherigen Forschungsarbeiten hat mich Herr Privatdocent Dr. Fleischmann aufmerksam gemacht und mich veranlasst, im zoologischen Institut zu Erlangen die ontogenetischen Thatsachen genauer zu verfolgen.

Ich habe desshalb seit dem Winter 1889/90 die Entwicklung des wurzeltragenden und des wurzellosen Zahnes vergleichend bei zwei, wahrscheinlich in näherer Verwandtschaft stehenden Thieren aus der Abtheilung der Nager verfolgt, bei Mus musculus und Arvicola arvalis, deren Embryonen aus der Umgebung von Erlangen sich leicht beschaffen ließen.

Die Vorbereitungsarbeiten zur mikroskopischen Untersuchung bewegten sich in bekannten Bahnen, es ist desshalb nicht nöthig, ausführlich darauf einzugehen. Alle Objekte, die ich lebensfrisch erhalten konnte, wurden in Fol's Chromosmiumessigsäure konservirt, die Embryonen von Arvicola, welche unser Thierfänger draußen auf dem Felde sammelte, zumeist in starkem Alkohol abgetödtet. Um ältere Zahnanlagen und noch nicht vollständig entwickelte Zähne zu untersuchen, habe ich auch jüngere Thiere in derselben Weise behandelt. Entkalkt wurde ausschließlich durch Einlegen der unversehrten Köpfe in 10%ige Salpetersäure. Als Färbungsflüssigkeiten wurden verwandt: Grenacher's Borax- und Alaunkarmin, Hämatoxylin nach Apathy und nachfolgende Behandlung mit Kali bichromicum, Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Eosin. Schnittserien wurden in verschiedener Richtung durch die Zahnreihen gelegt, in frontaler, sagittaler und transversaler Richtung. Neben den Schnitten fertigte ich vielfältig Schliffe durch alte und junge Zähne an, theils durch extrahirte Zähne, theils durch die ganze im Kiefer steckende Zahnreihe mit Erhaltung sämmtlicher Weichtheile. Letztere Methode ist zuerst von Koch[1], später von Weil speciell für Zahnschliffe genauer beschrieben worden. Man färbt den isolirten Kiefer durch mehrtägiges Einlegen in Karminlösungen durch, entwässert langsam und durchtränkt ihn dann mit einer Harzlösung. Ich verwende dem Rathe Koch's folgend immer Kopal in Chloroform gelöst. Durch allmähliches Erwärmen lässt man das Lösungs-

[1] v. Koch, Über die Herstellung dünner Schliffe von solchen Objekten, welche aus Theilen von sehr verschiedener Konsistenz zusammengesetzt sind. Carus, Zoologischer Anzeiger. 1878; und Weil, Methode der Herstellung von Zahn- und Knochenschliffen mit Erhaltung der Weichtheile. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik. 1888.

mittel entweichen und kann dann durch den fest gewordenen Kiefer nach jeder beliebigen Richtung dünne Schliffe anfertigen.

Ältere Zahnanlagen habe ich aus dem Kiefer herauspräparirt, um Übersichtsbilder zu gewinnen. Die Form ganz junger Anlagen habe ich nach der bekannten Rekonstruktionsmethode in Wachsmodellen vergrößert, deren Vollendung einen großen Theil meiner Zeit in Anspruch nahm.

Bau und Form der Molaren bei Mus musculus.

Bevor ich die Entwicklung der Molaren bei Mus musculus beschreibe, dürfte es vielleicht angezeigt sein, etwas genauer auf den Bau und die Form der fertigen Molaren einzugehen, da ich einige Hauptpunkte, durch welche sich dieselben von manchen anderen wurzeltragenden Molaren unterscheiden, nirgends in der Litteratur besonders hervorgehoben finde, zum Theil aber auch geradezu falsche Angaben über dieselben verbreitet sind.

In jedem Kiefer ist der erste Molar der größte und der dritte Molar der kleinste. Alle drei sind echte Molaren, denn sie haben keine Vorgänger im Milchgebiss. Der Zahnwechsel ist also ganz aufgegeben. Durch Quer- und Längsfurchen über die Krone eines jeden Molaren, von welchen besonders die Querfurchen tief einschneiden, ist die Kaufläche in eine bestimmte Anzahl von Höckern gegliedert. Sie ist nicht von einem ununterbrochenen Schmelzkleide bedeckt, wie Erdl[1], Tomes und Owen beschrieben haben. Bereits 1856 hat der ausgezeichnete Odontologe R. Hensel[2] bei verschiedenen Species von Mus beobachtet und deutlich abgebildet, dass auf den Gipfeln der Höcker von noch nicht durchgebrochenen Zähnen eine natürliche schmelzlose Kaufläche vorhanden ist, wo das Dentin frei zu Tage liegt. Bei älteren Thieren nützt sich der Schmelz an den Höckern langsam ab, und indem letztere niederer werden, vergrößern sich die schmelzlosen Stellen, so dass, wenn die Höcker mehr oder

---

[1] Erdl, Untersuchungen über den Bau der Zähne bei den Wirbelthieren, insbesondere den Nagern. Abhandlungen der math.-physikal. Klasse der Akademie der Wissenschaften zu München. Bd. III. 1843; Tomes, On the Structure of the Dental Tissues of the Order Rodentia. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1840. Part II; Owen, Odontography. Vol. II. Plate 108. London 1840—1845.

[2] R. Hensel, Beiträge zur Kenntnis fossiler Säugethiere. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Bd. VIII. pag. 283—284. Taf. XIII.

weniger geschwunden sind, am größten Theile der Kaufläche Dentin freiliegt, das von einem peripheren Schmelzbande eingefasst wird. Auf der Kaufläche liegen noch kleine Schmelzinseln als die letzten Reste der abgekauten Schmelzhöcker, die mit zunehmendem Alter ganz verschwinden.

Nach Erdl (l. c. Taf. I Fig. 2) soll in den Schmelzinseln der Krone Cement vorhanden sein. Auch Owen schließt sich Erdl an und kopirt in seiner Odontographie dieselbe Abbildung. Das ist entschieden falsch, denn ich habe bei Mus musculus niemals Cement an diesen Stellen gefunden.

Was nun die Wurzeln der Molaren von Mus musculus anbelangt, so finde ich auch hier manches Erwähnenswerthe. Zunächst besitzt M_1 und M_2 im Unterkiefer zwei Wurzeln, eine vordere und eine hintere, M_3 aber nur eine Wurzel. Im Oberkiefer dagegen haben der erste und zweite Molar je drei Wurzeln, eine vordere und zwei hintere, der dritte aber nur zwei Wurzeln, eine vordere und eine hintere, die jedoch bis zu der äußersten Spitze mit einander verwachsen sind. Diese Wurzeln sind gar nicht von Cement bekleidet, die Periostfasern setzen sich vielmehr direkt an das Dentin der Wurzeln an. Es kommt daher an den Molaren von Mus musculus Cement überhaupt nicht vor.

Schlosser[1] giebt an, dass bei Mus der erste und zweite Zahn im Oberkiefer je vier einfache, der dritte Zahn nur drei Wurzeln besitze. Ich muss jedoch an meiner Darstellung festhalten, die nicht nur auf isolirte Zähne, sondern auch auf Querschnittserien durch die ganze Zahnreihe basirt ist.

Entwicklung der Molaren bei Mus musculus.

Während bei Säugethieren, die ein vollständiges Gebiss besitzen, die erste Anlage desselben als hufeisenförmig gebogene Zahnfurche am Ober- und Unterkiefer verläuft, gliedert sich diese bei den Nagethieren in zwei Abschnitte, von denen der vordere das Material für die Incisiven, der hintere das für die Molaren enthält. Beide Abschnitte der Zahnfurche sind scharf von einander getrennt, wie an Frontalschnitten durch den Kopf des Embryos einer Hausmaus deutlich zu erkennen ist.

---

[1] M. Schlosser, Die Nager des europäischen Tertiärs, nebst Betrachtungen über die Organisation und die geschichtliche Entwicklung der Nager überhaupt. Palaeontographica. Bd. XXXI. 1885. pag. 123.

Die erste Anlage der Molaren erfolgt bei Mus musculus genau in derselben Weise, wie sie für wurzeltragende Zähne anderer Säugethiere ausführlich von früheren Forschern beschrieben wurde. Die als Zellverdickung des ektodermalen Mundhöhlenepithels entstandene Zahnfurche senkt sich als vorspringende Leiste längs ihrer ganzen Ausdehnung in das Mesodermgewebe der Kieferanlage ein und treibt, nachdem sie eine gewisse Dicke erreicht hat, glockenförmige Sprossen. Zu derselben Zeit, oder vielleicht etwas später, beginnen die darunter gelegenen mesodermalen Zellen zu wuchern und, indem sie sich unter der Epitheleinstülpung anhäufen, derselben ein zapfenförmiges Widerlager entgegenzustellen. Da die Wachsthumsenergie der ektodermalen Zellen aber bedeutend stärker ist, so umfasst die Epitheleinstülpung sehr bald die Bindegewebszellen, und es entsteht das bekannte Bild der Schmelzkappe, in deren Innerem die Dentinpapille liegt, während ein Theil der mesodermalen Zellen sich vom Grunde der Papille um den Rand des Schmelzorgans auf dessen äußere Seite schlägt, um dadurch die ganze Anlage als Zahnsäckchen vom Gewebe des Kiefers abzugrenzen.

Die drei Molaren werden nicht gleichzeitig angelegt, sondern entstehen nach einander in verschiedenen Perioden des Embryonallebens, der dritte Molar sogar erst nach der Geburt, wobei die Zahnrinne und die Kieferanlage immer weiter nach hinten wachsen müssen.

Ein Embryo mittleren Alters besitzt nur die Schmelzkappe von M_1, die durch einen langen leistenförmigen Zahnhals mit der Epithelrinne verbunden ist; die Zahnrinne reicht noch ein kleines Stück über den Hinterrand der ersten Schmelzglocke hinaus. Die Anlage von M_2 findet sich bei einem älteren Embryo von 17 mm Steiß-Nacken-Länge, M_3 wird verhältnismäßig spät, zwischen dem 4.—7. Tage nach der Geburt angelegt. Die Angaben können nicht ganz bestimmt sein, da ich mehrfach beobachtet habe, wie wenig das Längenmaß und das Alter eines Embryo einen sicheren Rückschluss auf die Ausbildung einzelner Organe gestattet.

Die innere Wand der Schmelzkappe lässt durch Faltung die negative Matrize des Reliefs entstehen, in dem die Krone des fertigen Zahnes zu Tage tritt. Die durch die successive Bildung der Molaren bedingte Differenz in der zeitlichen Anlage, welche direkt von dem Wachsthum der Mundhöhle und ihrer Theile abhängt, übt natürlich ihre Wirkung auch auf den Beginn der feineren Modellirung der Zahnanlage. In Folge dessen sieht man die einzelnen

Zähne entsprechend ihrer näheren oder entfernteren Lage gegen die Mundöffnung in verschiedener Ausbildung, so zwar, dass M_1 rascher als die beiden anderen fertiggestellt ist, und M_3 am spätesten funktionsfähig wird. Bei einem älteren Embryo von 19 mm Länge sind an der Anlage von M_1 durch sekundäre Faltung der inneren Wand der Schmelzkappe gegen die Papille die Spuren der späteren Schmelzhöcker zu finden; an M_2 hat dieser Process noch nicht begonnen. Sehr viel weiter vorgeschritten sind die Anlagen der beiden Molaren bei jungen 2 Tage alten Thieren. Dadurch, dass an der späteren Kaufläche die Schmelzkappe sich von Neuem gefaltet hat, sind bei M_1 sämmtliche Schmelzhöcker angelegt, auch bei M_2 ist diese Modellirung schon ziemlich weit gediehen. Bei einem 4 Tage alten Säuglinge der weißen Maus hat am ersten Molar schon die Schmelz- und Dentinbildung begonnen, auch der zweite Molar hat eine, wenn auch nur dünne Schicht beider Substanzen abgelagert; die Wurzelbildung aber ist bei beiden noch nicht eingeleitet.

Nachdem kurz vor der Geburt M_2 angelegt ist, wächst die Zahnrinne in Form einer leistenförmigen Epithelverdickung nach hinten, die darunter gelegenen Mesodermzellen ordnen sich jedoch nicht gleich zur Papillenanlage. Erst bei einem Säuglinge im Alter von 7 Tagen finde ich eine deutliche Anlage von M_3, die entsprechend der winzigen Größe des Zahnes sehr klein ist. Die in die Papille einspringenden Höckerfalten sind jedoch noch nicht gebildet. M_3 zeigt bei 10 Tage alten Säuglingen bedeutende Fortschritte, er hat an Volumen zugenommen, und es sind die sekundären Einstülpungen des Schmelzorgans in die Papille als Anlage der Schmelzhöcker entstanden; dagegen ist weder Schmelz noch Dentin vorhanden.

Es wird also in der Entwicklung des Zahnes zuerst die Krone geformt und später die Wurzel; die Krone aber entsteht nicht sofort in ihrer definitiven Größe, sondern erreicht nur durch langsames Wachsthum dieses Ziel. Zugleich mit dem Längen- und Breitenwachsthum der Krone nimmt auch die Ausbildung des Emails und Dentins zu.

Bei einer 16 Tage alten Maus hat M_1 sein Wurzelwachsthum fast vollendet und ist im Durchbruch begriffen. Die an der Krone abgelagerte Schicht von Schmelz und Dentin hat erst jetzt ihre definitive Stärke erreicht. Auch M_2 hat besonders im Unterkiefer schon einen beträchtlichen Theil seiner Wurzellänge ausgebildet, während M_3 noch ohne Wurzel ist. Bei einer 22 Tage alten Maus sind M_1 und M_2 vollständig ausgebildet und durchgebrochen; M_3 hat die

Wurzelbildung fast abgeschlossen. Sein Durchbruch erfolgte bei einer 28 Tage alten Maus.

Bildung der Wurzeln.

Von der Bildung der Wurzeln hat A. v. Brunn eine Darstellung gegeben, der ich auf Grund meiner Präparate nicht beipflichten kann.

Nach Untersuchungen, die er an Ratte, Kalb, Hund und Katze angestellt hat, soll sich das Schmelzorgan nicht nur an der Stelle der späteren Krone befinden, sondern als »Epithelscheide« ursprünglich auch die Wurzel in ihrer ganzen Länge bekleiden. Wie bei der ersten Anlage die ektodermale Epitheleinsenkung zuerst auftrete und die Gestalt der Krone angebe, so wachse vor der Wurzelbildung der Rand des Schmelzorgans als »Epithelscheide«, die aus zwei Zellschichten, dem inneren und äußeren Schmelzepithel bestehe, in die Tiefe und gebe auch der Wurzel des Zahnes die Form. Denn erst nachdem dies geschehen, könnten sich an der inneren Seite der Epithelscheide die Bindegewebszellen der Papille zu Odontoblasten herausbilden und Dentin produciren. Sobald die Dentinbildung im Gange sei, werde die Epithelscheide von Bindegewebe durchwachsen und zerstört. Die Schmelzkappe habe also die Aufgabe, die Gestalt des **ganzen** Zahnes, sowohl der Krone wie der Wurzel, zu bestimmen und die Odontoblasten auf den richtigen Weg zu geleiten, erst in zweiter Linie stehe ihre sekretorische, schmelzabsondernde Thätigkeit[1].

A. v. Brunn illustrirt seine Beschreibung durch so schöne und leicht verständliche Zeichnungen, dass ich mich lange nicht entschließen konnte, an der allgemeinen Richtigkeit seiner Angaben zu zweifeln. Allein das genaue Studium mehrerer Frontalserien durch Köpfe von Mus musculus im Alter von 4, 7, 10, 12 und 16 Tagen hat mir keine Bilder vor Augen geführt, die allen von v. Brunn veröffentlichten Zeichnungen entsprochen hätten, und obwohl mich zuerst die Absicht leitete, den einfachen Ideengang v. Brunn's zu bestätigen, ward ich im Laufe meiner Arbeit immer mehr vom Gegentheil überzeugt, dass nämlich das Wurzelwachsthum bei Mus musculus nicht durch die vorhergehende Einsenkung einer Epithelscheide

[1] Siehe A. v. Brunn, Über die Ausdehnung des Schmelzorgans und seine Bedeutung für die Zahnbildung. Arch. für mikroskopische Anat. Bd. XXIX. pag. 376—380.

bedingt sei. Aus meinen Präparaten muss ich vielmehr schließen, dass die Zahnpapille ganz unabhängig vom Schmelzorgane die Wurzel bildet. Schnitte, wie sie v. Brunn (l. c. Taf. XXII Fig. 5) abbildet, habe ich auch gesehen, und ich gebe gern zu, dass der schmale (mit *S E* * bezeichnete) Rand des Schmelzorgans wohl die Vermuthung wachrufen kann, er möchte in einer gewissen Beziehung zur Wurzelbildung stehen. Der weitere Verlauf der Entwicklung scheint sogar für diese Annahme zu sprechen, denn der Rand der Schmelzkappe, welcher lange Zeit in fast horizontaler Richtung eingreifend die Papille vom Bindegewebe der Kieferanlage abschließt, biegt sich, wie Schnitte durch einen 7 Tage alten Säugling zeigen, mit Beginn des Wurzelwachsthums nach unten und außen und reicht nun über die schmelzbedeckte Krone noch ein beträchtliches Stück in die Tiefe der Alveole. Die schematische Zeichnung, die v. Brunn (l. c. Taf. XXII Fig. 10 *b*) giebt, entspricht vollkommen den eben geschilderten Beobachtungen. Es giebt also ein Stadium, wo wirklich eine dünne »Epithelscheide« über die Lage der secernirenden, hochcylindrischen Schmelzzellen hinaus wurzelwärts zu finden ist. Diese Scheide besteht aus Zellen des inneren und äußeren Schmelzepithels.

Aber trotzdem ich den Ausgangspunkt der v. Brunn'schen Darstellung wohl bestätigen kann, muss ich seiner weiteren Ausführung direkt entgegentreten. Denn die Untersuchung von Säuglingen, die das Alter von 7 Tagen vor kürzerer oder längerer Zeit überschritten hatten, ergab nur ein negatives Resultat und ließ mich niemals Bilder sehen, wie sie v. Brunn l. c. Taf. XXII Fig. 7 zeichnet. Sowie die Wurzelbildung einmal ordentlich begonnen hat, sind weder am Grunde der Papille noch an den Seitenflächen der Wurzel Reste ektodermaler Schmelzzellen zu gewahren. An die Dentinwurzel stoßen innen nur Odontoblasten, außen die Bindegewebszellen des Alveolarperiosts. Die epithelartig geordneten Odontoblasten schlagen sich am Wurzelgrunde deutlich in die äußere Bindegewebsschicht um.

Ich muss desshalb die folgende These aufstellen. Nachdem die Emaildecke der Krone von der Schmelzkappe nahezu fertig gebildet ist, wächst die Papille an den Stellen, wo Wurzeln angelegt werden sollen, in einer der Kaufläche abgewandten Richtung weiter, ohne von einer ektodermalen Scheide umhüllt zu sein. Die Odontoblasten sind wohl befähigt ohne Leitung der Epithelscheide die zur Bildung des Dentins erforderliche Gruppirung anzunehmen.

Die histologische Differenzirung der Schmelzkappe und der Durchbruch der Molaren.

Die histologische Differenzirung der Schmelzkappe bietet mehrere, höchst auffällige Erscheinungen, die ich jetzt beschreiben will.

Im Allgemeinen besitzen alle Zellen des inneren Schmelzepithels eine lang cylindrische Gestalt, aber an mehreren Stellen, d. i. auf den Spitzen der Schmelzhöcker, die sich auf der Kaufläche erheben, verharren die deckenden Schmelzzellen in der ursprünglichen kubischen Form und sondern keinen Schmelz ab. Desshalb ist die Spitze der Höcker am durchbrechenden Zahn vollkommen schmelzfrei, wie Hensel nachgewiesen hat (l. c.). Später hat v. Brunn[1] auf Schnitten durch entkalkte Zähne des gleichen Stadiums die abweichende Form der an jenen Stellen gelegenen Schmelzzellen abgebildet.

Bereits frühzeitig legt sich das äußere Epithel in kleine, die Schmelzkappe reifenartig umfassende Falten, in die zwischen den Falten liegenden Rinnen ragen Gefäßzotten des Zahnsäckchens hinein. Bald wird das äußere Schmelzepithel an vielen Stellen durchbrochen, und nachdem eine offene Kommunikation zwischen dem Gallertgewebe und dem außen liegenden Bindegewebe gebildet ist, dringen Bündel von Bindegewebsfasern und Blutgefäße in das erstere ein. Dadurch wird die Schmelzpulpa von Blutgefäße führendem Bindegewebe durchwachsen und allmählich verdrängt. An jungen Schmelzkappen, besonders an solchen, die durch Schrumpfung von der Wand des Zahnsäckchens getrennt sind, lässt sich die Erscheinung sehr gut verfolgen, und in der Schmelzpulpa selbst sind neben den sternförmigen, wie zu einem Maschenwerk verbundenen Gallertzellen, Bindegewebsbündel und Blutgefäße deutlich festzustellen. Bei weiter ausgebildeten Zähnen ist dies noch besser zu sehen (siehe Fig. 4). Ich bemerkte diesen Vorgang zuerst bei 2 Tage alten Säuglingen, dort sind es nur ganz vereinzelte Bindegewebsbündel, die vom Periost her in das Gallertgewebe eindringen. Später nimmt dieses Eindringen des Bindegewebes immer mehr zu, so dass z. B. bei 16 Tage alten Thieren das ganze Schmelzorgan vom Bindegewebe durchwachsen ist, und nur noch vereinzelte Gallertzellen vorhanden sind. Trotzdem kann man

[1] A. v. Brunn, Notiz über unvollkommene Schmelzentwicklung auf den Mahlzähnen der Ratte — Mus decumanus. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XVII. pag. 241—242.

noch in diesem Stadium das so modificirte Schmelzorgan deutlich von dem umgebenden Bindegewebe unterscheiden. Diese Durchwachsung hat wohl den Zweck, durch eine bessere Ernährung die Schmelzsekretion der Cylinderzellen zu unterstützen und zu beschleunigen.

v. Brunn hat schon die gleiche Beobachtung gemacht; denn er spricht und zeichnet in der eben citirten Notiz, dass das über den Spitzen der Kronenhöcker gelegene Schmelzorgan durch Blutgefäße und Bindegewebe vielfach zerklüftet sei. Da er aber die Entwicklung nicht verfolgt und nur neugeborene Ratten untersucht hat, so nahm er irrigerweise an, dass die Schmelzkappe in dieser Gegend die gallertige Degeneration gar nicht eingegangen sei.

Einen ähnlichen Vorgang beschreibt außerdem A. v. Brunn[1] vom Schmelzorgan des Schneidezahnes von Mus decumanus. Er sagt dort: das Schmelzepithel werde sowohl an der Hinterfläche wie an dem hinteren Theile der Seitenflächen mit Ausnahme des am weitesten nach hinten gelegenen Theiles von Bindegewebe durchwachsen, welches vom Knochen bis zur oberflächlichsten Schicht des neugebildeten Dentins gehe und die Verbindung beider herstelle, das Alveolodentalperiost. Die Untersuchungen Roetter's haben diese Auffassung jedoch nicht bestätigt.

Schon Kölliker[2] hat die Durchwachsung der Schmelzkappe an Präparaten beobachtet, aber fälschlich als eine Umwandlung der Schmelzgallerte in wahres Bindegewebe gedeutet. Er sagt: »Übrigens bleibt sich das Schwammgewebe im Laufe der Zeit auch im Baue nicht ganz gleich, denn während dasselbe anfänglich und noch zur Zeit des Beginnes der Zahnossifikation durch und durch ganz gleichartig ist, und nur aus den sternförmigen Zellen besteht, findet man gegen das Ende des Fötallebens und nach der Geburt das äußere Dritttheil mit Gefäßen versehen und auch in seinem Maschenwerk vorgeschritten. Das letztere nämlich ist zu einem Netz von wirklichen Bindegewebsbündeln geworden, die wohl noch Kerne führen, aber dieselben nicht mehr in besonderen, zellenartig erweiterten Stellen enthalten, ferner wellenförmig verlaufen und auch Fibrillen zeigen. In den Maschen dieses Bindegewebes sieht man hier häufig kernhaltige Zellen oft in Nestern liegen, und aus solchen

---

[1] A. v. Brunn, Über die Ausdehnung des Schmelzorgans und seine Bedeutung für die Zahnbildung. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXIX. pag. 371.

[2] A. v. Kölliker, Mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1852. pag. 100. Fig. 211 *A*.

scheinen sich denn auch die Gefäße zu entwickeln, die von dem Zahnsäckchen aus in diesen Theil des Schwammgewebes eindringen und mit weiten Schlingen enden.«

Jedoch im Jahre 1863, nachdem er den Ursprung des Schmelzorgans aus dem Mundhöhlenepithel erkannt hatte, widerruft er seine Ansicht[1]: »Wenn das Schmelzorgan, wie ich finde, in toto umgewandeltes Epithel ist, so darf dasselbe keine Gefäße führen, und in der That zeigt sich auch nie irgend eine Spur von solchen in seinem Gallertgewebe und in seinen oberflächlichen Schichten.« Diese letztere Ansicht vertritt er auch noch in seinem Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte vom Jahre 1879 (pag. 819): »Wie begreiflich, ist das ganze Schmelzorgan gefäßlos und gehören die Gefäße, die ich früher aus demselben beschrieb, der inneren Lage des Zahnsäckchens an, die ich damals als Theile des Schmelzorgans ansah.« Nach meinen Untersuchungen muss ich jedoch der zuerst von ihm ausgesprochenen Beobachtung zu ihrem Rechte verhelfen, und nur die Annahme einer bindegewebigen Metamorphose der Schmelzgallerte zurückweisen. Es ist in der That bei späteren Stadien der Maus die ganze Schmelzpulpa von Gefäße führendem Bindegewebe durchwachsen.

Den Durchbruch der Molaren habe ich besonders an M_1, welcher bei einer 16 Tage alten Maus und an M_3, der bei einer 28 Tage alten gerade im Durchbruch begriffen ist, beobachtet.

In dem Maße, als die Krone an Volumen zunimmt und die Wurzeln ausgebildet werden, übt die Zahnanlage einen gewissen Druck auf die obere Seite des Schmelzorgans und auf das überliegende Epithel der Mundhöhle aus. Das von Bindegewebe durchwachsene Schmelzorgan, dessen leistenförmiger Hals deutlich über die ganze Länge der Krone hinzieht, legt sich vor dem Durchbruche längs desselben an die Unterseite der Mundschleimhaut an. Dann ist eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht mehr festzustellen. Die an das Email anstoßenden Zellen des inneren Schmelzepithels verlieren ihre lange prismatische Form, werden kubisch und schließlich ganz abgeplattet. Auch die daran stoßenden Elemente der Schmelzgallerte werden glatt und verhornen. So liegen über der Krone mehrere verhornte Zellschichten. Aber die äußeren Lagen der Schmelzkappe zeigen nicht die gleichen Umänderungen, die wohl unzweifelhaft zum Tode der Zellen führen. Sie besitzen vielmehr einen ansehnlichen Plasmaleib mit intensiv färbbaren Kernen und gehen ohne Grenze

[1] Die Entwicklung der Zahnsäckchen der Wiederkäuer. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1863. Bd. XII. pag. 458.

in die unterste Schicht des Mundhöhlenepithels, in das Stratum Malpighi über. Da sie die Schmelzkappe der durchbrechenden Zähne klar vom periostalen Bindegewebe der Alveole scheiden, so muss man sie wohl als äußere Schmelzepithelzellen bezeichnen. Aber ich bin nicht überzeugt, ob man damit das Richtige trifft; denn das äußere Schmelzepithel wird ja während der Embryonalzeit vom Mesoderm durchwachsen, und ich verstehe nicht, wie später wieder ein geschlossenes Lager an diese Stelle kommen kann. Man müsste vielleicht annehmen, dass vor dem Durchbruche, wenn die Schmelzzellen, ihre sekretorische Thätigkeit einstellend, zusammenschrumpfen und ihnen keine Nahrungsstoffe durch die Blutgefäße mehr zugeführt zu werden brauchen, die bei der Durchwachsung erhalten gebliebenen Reste des äußeren Schmelzepithels neue Lebenskraft gewinnen und die von obliterirenden Blutgefäßen erfüllten Lücken ihres Lagers wieder verschließen. Oder es findet vom Mundhöhlenepithel selbst eine erneute Wucherung von Zellen statt, die das absterbende Schmelzorgan von Neuem umhüllen. Leider hinderten es widrige Umstände, die genügende Zahl von Säuglingen aufzuziehen. So bin ich außer Stande gewesen, die eben vorgetragenen hypothetischen Erklärungen an der Hand von thatsächlichen Beobachtungen zu prüfen. Ohne Zweifel ist nur, dass die äußersten Lagen der Schmelzkappe während des Durchbruches lebenskräftig sind, während die inneren Lagen durch Verhornung zu Grunde gehen. Die ersteren sind auch, nachdem die Krone bereits in der Mundhöhle steht, deutlich zu erkennen, und ich glaube desshalb nicht fehlzugehen, wenn ich sie als die Anlage der verhornten Epitheldecke betrachte, die sich an den fertigen Zähnen der Nagethiere von der Mundschleimhaut in den oberen Theil der Alveole hineinbiegt. Nach meiner Auffassung würde also durch das weitere Nachdrängen des Zahnes, dessen Ursache im Wurzelwachsthum zu suchen ist, der über der Krone gelegene verhornte Theil des Schmelzorgans sammt dem verhornten Mundepithel mechanisch gesprengt und ganz zu Grunde gehen, während die äußersten Lagen der Schmelzkappe während des ganzen Lebens bestehen blieben.

Besonders spricht für meine Deutung die Thatsache, dass der Hals des Schmelzorgans leistenförmig über die ganze Krone hinzieht. Gerade längs dieser Strecke verhornen die Ektodermzellen zuerst und reißen vor dem Durchbruche ein. Die Zahnrinne leitet also nicht nur die erste Anlage des Gebisses ein, sondern sie ist auch dafür bestimmt, den Durchbruch der Zähne zu erleichtern.

Bau der permanent wachsenden Molaren von Arvicola arvalis.

Da die bisherigen Beschreibungen der Molaren von Arvicola außerordentlich lückenhaft sind, so will ich, bevor ich auf die Entwicklung eingehe, auch hier erst den Bau der fertigen Zähne dieses Thieres genauer schildern.

Die Molaren der Feldmäuse besitzen prismatische Form, eine flache, schräg nach innen geneigte Kaufläche und sind wurzellos. Um eine große in die Länge gezogene und mehrfach eingebuchtete Dentinpapille zieht sich ein starker, natürlich ebenfalls gefalteter Dentinmantel, den ein festes Schmelzkleid bedeckt, das den Buchten und Vorsprüngen des Dentinkernes eng angeschmiegt ist. Die Kaufläche stellt einen natürlichen Querschnitt durch den prismatischen Zahn dar und zeigt desshalb das freiliegende Dentin von einem peripheren Schmelzbande begrenzt. Der Zahn reicht tief in die Kieferalveole hinunter, wo er mit weiter Öffnung dem Grunde der Zahnpapille aufsitzt; ein schmelzfreier Wurzeltheil fehlt durchaus. Der Zahn selbst stellt kein einfach gerades Prisma dar, sondern ist analog den permanent wachsenden Schneidezähnen gebogen, die ja den kleineren oder größeren Abschnitt einer Spirale darstellen. Diese Krümmung wächst an den Gliedern der Zahnreihe in beiden Kiefern von vorn nach hinten, so dass der dritte Molar am stärksten gekrümmt ist. Auch darin finde ich eine Übereinstimmung mit den Schneidezähnen, dass die konvexe Seite eines jeden Molaren nach vorn liegt; zu dieser Konvexität nach vorn gesellt sich bei dem ersten und zweiten Molar im Unterkiefer, bedingt durch den unter ihnen an ihrer lingualen Seite hinziehenden Schneidezahn, noch eine Konvexität lingualwärts.

Auf Grund der Beschreibung und Abbildung, die Owen (l. c.) veröffentlichte, hat man bisher allgemein angenommen (auch Boas kopirt in dem eben erschienenen »Lehrbuch der Zoologie« die von Owen gegebenen Zeichnungen), dass die Seitenfläche der Molaren von Arvicola von einem ununterbrochenen Schmelzkleide umhüllt werde, auf welches sich wenigstens in den einspringenden Falten eine dicke Cementschicht ablagere; desshalb besitze der Querschliff des Zahnes nicht einen zickzackförmigen Kontour, sondern sei von einer oval gebogenen Linie begrenzt, wie aus den citirten Zeichnungen zur Genüge erhellt.

Diese Darstellung ist jedoch ganz unrichtig, denn Schliffe wie

Schnitte beweisen, dass einerseits das Schmelzkleid eines jeden Molaren an mehreren Stellen lückenhaft ist, und andererseits keine Cementmassen vorhanden sind, welche die Falten ausfüllen.

An jedem Molar findet man nämlich drei schmelzlose Stellen (Fig. 6), die bandartig von der Kaufläche bis zum offenen Wurzelende verlaufen. Am abgerundeten Ende des Zahnes sind zwei Streifen an den bilateral symmetrisch, also facial und lingual, gelegenen Kanten schmelzfrei, an dem entgegengesetzten mehr spitzen Ende ein Streif ohne Schmelzdecke; die ganze übrige Seitenfläche ist mit Schmelz bedeckt. Letzterer wird von einem während des ganzen Lebens persistirenden Schmelzorgane abgeschieden, dessen Vorkommen bereits von Roetter[1] festgestellt wurde. Wie bei den Schneidezähnen ersetzt dasselbe den durch Abnutzung an der Kaufläche verursachten Verlust durch Aufbau neuen Schmelzes im Grunde der Alveole. Dass es auch im histologischen Baue mit dem Schmelzorgane des Schneidezahnes wohl übereinstimmt, werde ich im nächsten Abschnitte über die Entwicklung beweisen.

Ein Unterschied aber ergiebt sich gegenüber den Schneidezähnen. Bei letzteren ist nur ein kleiner Theil der Oberfläche, d. i. die konvex gekrümmte Seite, mit Schmelz belegt, während an den übrigen Seiten das Dentin frei zu Tage liegt. An den Molaren der Feldmaus nun liegt Dentin nur auf der Kaufläche frei; die schmelzlosen Stellen lassen das Dentin nicht hervortreten, sondern dort liegt auf demselben eine dünne Cementlage, die mit abgeschärftem Rande seitlich etwas auf den Schmelz übergreift. Das Cement besitzt deutliche Knochenkörperchen und ist wirklich fest mit den übrigen Gewebsbestandtheilen des Zahnes verbunden, denn auf Schliffen durch extrahirte Zähne ist es deutlich zu erkennen. Die Abbildung (Taf. XXV Fig. 6) zeigt unzweifelhaft, dass nur drei Streifen an der Seitenfläche der Molaren von Cement bedeckt sind, das hier unmittelbar auf dem Dentin ruht. Die übrige Seitenfläche ist nur von Schmelz umgeben, und es ist keine Stelle vorhanden, wo auf demselben nochmals eine dicke Cementschicht läge, wie es die Abbildung von Owen zu beweisen scheint.

Owen selbst scheint keine Specialuntersuchung über den Arvicolamolaren angestellt zu haben, denn die Abbildung desselben ist nur eine Kopie der Zeichnung, die Erdl (l. c.) veröffentlichte. Diese Figur zeigt in den einspringenden Schmelzfalten eine gelbliche Füllmasse,

[1] Morph. Jahrb. Bd. XV. Heft 3.

die von den beiden Autoren eine verschiedene Deutung erfuhr. Erdl, der die Struktur des Cements bei anderen Nagerzähnen, besonders am Hasenzahne gänzlich verkannte, sagt ausdrücklich: »In den meistens sehr weiten Falteuräumen (pag. 544) ist auch hier keine Cementmasse, sondern nur reine Knochenmasse als Fortsetzung der scharfen Alveolarkanten, welche sich in sie hineinlegen.« Owen[1] hingegen bezeichnet sie ohne weitere Begründung als Cement.

Bei der Anfertigung von Schliffen durch Molaren, die ohne weitere Vorsichtsmaßregeln aus der Alveole ausgebrochen wurden, bekommt man Bilder vor Augen, die vollkommen der Abbildung von Erdl entsprechen. Allein sobald man die in den Schmelzfalten des Zahnschliffes befindlichen Gewebsmassen genauer studirt, erkennt man mit leichter Mühe, dass dieselben nicht die entfernteste Ähnlichkeit mit der histologischen Struktur wahren Cementes aufweisen, im Gegentheil zumeist aus Bindegewebsfasern mit eingestreuten Zellen bestehen. Und kontrollirt man dann das Verhalten theils auf Querschliffen, die durch den ganzen Kiefer mit Erhaltung sämmtlicher Weichtheile gemacht wurden, theils auf Querschnitten durch entkalkte Kiefer, so wird diese Deutung glänzend bestätigt. Bei macerirten und später getrockneten Kiefern von Arvicola bleiben Reste des Schmelzorgans und des dasselbe stützenden Bindegewebes am Zahne haften und trocknen so fest an ihn, dass selbst die grobe Behandlung, die er ja beim Schleifen erfährt, nicht hinreicht, die Gewebsreste von den eingebuchteten Theilen des Schmelzes loszureißen.

Bisher habe ich nur immer davon gesprochen, dass das periphere Schmelzband eines jeden Molaren an drei Stellen unterbrochen ist; dies trifft jedoch für den ersten Molar im Oberkiefer (Fig. 7) nicht zu, da dieser außer den drei Stellen noch eine vierte besitzt, wo das Dentin direkt von Cement bekleidet ist. Diese vierte Stelle befindet sich an der zweiten lingualen Kante. Die physiologische Nothwendigkeit, warum jeder permanent wachsende Molar an etlichen Stellen des Schmelzes beraubt wird, und Cement an dessen Stelle tritt, ist leicht zu begreifen. Denn wäre ein solcher Backzahn allseitig von Email umhüllt, wie man früher glaubte, so müsste bei dem unabweislichen Bedürfnisse, den an der Kaufläche abgekauten Schmelz im Grunde der Alveole immer wieder zu erneuern, in der Alveole ein geschlossenes Schmelzorgan den ganzen Zahn umgeben.

[1] Owen, Odontographie. pag. 409.

Da aber die innerste, den Schmelz absondernde Schicht eines solchen Organs aus dünnen, gegen Druck sehr empfindlichen Cylinderzellen besteht, was aus der geschützten Lage derselben deutlich hervorgeht, so würden bei dem während des Kauens erfolgenden Hin- und Herschieben der Zahnreihen einestheils die Zähne nicht fest genug in der Alveole stehen, und anderentheils die Schmelzzellen durch den Druck der wackelnden Zähne leicht alterirt werden. Die schmelzfreien Stellen garantiren also eine sichere Feststellung des Zahnes in der Alveole und schützen die Schmelzzellen vor schädlicher Druckgefahr.

An die Cementleisten inseriren sich zahlreiche Periostfasern und befestigen längs drei ziemlich großen Bezirken den Molar an der knöchernen Alveolenwand.

Entwicklung der Molaren bei Arvicola arvalis.

Da die Anlage der Molaren längs der Zahnrinne und die Bildung des Zahnsäckchens bei Arvicola ganz übereinstimmend mit Mus geschieht, so braucht das oben Gesagte nicht nochmals wiederholt zu werden.

Die jüngsten Anlagen fand ich bei Embryonen von 14 mm Scheitel-Steißlänge. Die Zahnfurche ist deutlich ausgebildet und liegt am Seitenrande des Kiefers; an einem leistenförmigen Fortsatze derselben, dem Hals des Schmelzorgans, hängt die glockenförmige Anlage von M_1. Die beiden anderen Molaren sind noch nicht angelegt. Das Vorderende der Zahnfurche fällt nicht mit dem Halse des für den ersten Backzahn bestimmten Schmelzorgans zusammen, sondern reicht über denselben nach vorn etwas hinaus. Eben so erstreckt sie sich noch eine ziemliche Länge weit über dasselbe nach hinten als verdickte Zellenleiste. Im weiteren Verlaufe nach hinten verschmälert sie sich immer mehr und geht allmählich in das Epithel der Mundhöhle über. Daraus geht hervor, dass die Zahnfurche erst eine beträchtliche Strecke nach hinten wächst, ehe die Schmelzkappe für M_2 in die Tiefe gesenkt wird. Dies ist bei einem Embryo von 20 mm geschehen, wo die Anlage von M_1 bedeutend an Volumen zugenommen hat, und auch diejenige von M_2 deutlich angelegt ist. Die Zahnfurche reicht noch eine Strecke über M_2 hinaus. Die Schmelzkappe von M_1 ist bereits neue Differenzirungen eingegangen, indem seitliche Falten (Fig. 2) gegen den Dentinkeim vorgesprungen sind. Die Schmelzkappe von M_2 ist noch fast glatt.

Die Ausbildung der Schmelzkappe von M_1 ist bei einem Embryo von 23 mm Länge weiter fortgeschritten, und es sind schon alle

Falten, die sich am ausgebildeten Zahne finden, vorhanden; jedoch mit dem Unterschiede, dass die facialen und lingualen Falten noch direkt einander gegenüberstehen. Sie müssen also erst durch späteres Auswachsen des Zahnes in der Richtung von vorn nach hinten verschoben werden. Beim zweiten Molar hat die Faltenbildung eben begonnen. Der dritte jedoch ist noch nicht angelegt, es reicht aber die Zahnfurche eine beträchtliche Strecke über M_2 hinaus.

Die Anlage des dritten Molaren erfolgt wahrscheinlich kurz vor der Geburt. Es ist mir nicht möglich gewesen, diese Frage genau zu entscheiden, weil der Versuch, trächtige Feldmäuse in der Gefangenschaft zu halten und die Geburt abzuwarten, nur ein einziges Mal glückte, und der neugeborene Säugling, welcher 26 mm lang war, erst 24 Stunden nach der Geburt getödtet wurde. Hier sowie bei einem Säugling von 27 mm Länge, dessen Alter nicht genau festgestellt werden konnte, fand ich M_3 bereits angelegt. Während die beiden ersten Molaren vollständig in ihrer Form vollendet, alle Falten ausgebildet und ihre definitive gegenseitige Stellung erhalten haben, stellt M_3 eine sehr kleine Anlage dar, an welcher jede Faltenbildung noch unterblieben ist; dieselbe hat an M_3 bei 31 mm langen jungen Thieren eben begonnen und ist bei solchen von 38 mm Länge vollständig beendet. Der Durchbruch von M_3 erfolgt auch bei Arvicola ziemlich spät bei Thieren von ungefähr 45 mm Länge.

Ich muss auch hier bemerken, dass von den Längenangaben dasselbe gilt, was ich schon bei Mus musculus betont habe, dass nämlich die Größe eines Embryo keinen absolut sicheren Schluss auf die Ausbildung einzelner Organe zulässt.

Im Gegensatze zu Mus werden alle drei Molaren während des Embryonallebens nach einander angelegt. Sie sind Anfangs an Größe verschieden, die Anlage von M_1 übertrifft lange Zeit M_2 und M_3. Erst bei einem jungen Thier von 27 mm Länge gleicht M_2 durch energisches Wachsthum den Unterschied aus, und beide brechen dann etwa zu gleicher Zeit bei Thieren von 39 mm Länge durch, was vollkommen mit den Verhältnissen bei Mus übereinstimmt.

Die histologische Differenzirung der Schmelzkappe und der Durchbruch der Molaren.

Nachdem in dem vorigen Abschnitte die Entwicklung der gröberen Formverhältnisse kurz dargestellt ist, soll nun das histologische Schicksal der Anlage näher geschildert werden.

Die Schmelzfalten der Molaren entstehen dadurch, dass, nachdem Schmelzkappe und Dentinpapille angelegt sind, an der facialen und lingualen Seite die Schmelzkappe sekundär gegen die Papille wächst und der ursprünglich zapfenähnlichen Form derselben ein gebuchtetes Aussehen verleiht.

Während dieses Vorganges erfährt die ektodermale Schmelzkappe weitere Differenzirungen, indem sich aus ihrer früher gleichförmigen Zellmasse das innere und äußere Schmelzepithel und das Gallertgewebe in seiner charakteristischen Form und Lagerung scheidet. Besonders auffallend scheint die Thatsache, dass hier in der Schmelzglocke eines permanent wachsenden Zahnes eine gallertige Umwandlung der central gelegenen Zellen eintritt, während bei der Entwicklung des Nagezahnes gerade dieser Process an der Schmelzkappe, die sich zum persistirenden Schmelzorgan umwandelt, unterbleibt[1].

So lässt sich schon in den frühesten Phasen ein bedeutsamer Unterschied zwischen permanent wachsendem Schneidezahne und Backzahne erkennen.

Die histologische Differenzirung der Schmelzkappe beginnt bei Arvicola sofort, nachdem diese angelegt ist; später erkennt man, dass das Gallertgewebe nur an den Theilen des Schmelzorgans mächtig entwickelt ist, welche als Falten in die Dentinpapille hineinragen, aber dort fehlt, wo das Schmelzorgan die Längskanten des späteren Zahnes überzieht.

Während nun die Schmelzkappe immer mehr in die Länge und in die Tiefe der Alveole wächst, treten weitere Veränderungen ein. Das Bindegewebe, das den Buchten der gefalteten äußeren Schmelzglockenwand auflag, dringt wie bei Mus durch die Schicht des äußeren Schmelzepithels in das Innere der Schmelzglocke ein und geleitet dorthin reichliche Blutgefäße. Diese Durchwachsung beginnt bereits bei Embryonen von 23 mm Länge und zwar zuerst an der gegen das Epithel der Mundhöhle gelegenen Seite der Schmelzkappe.

Sie schreitet gegen den Papillengrund weiter, so dass bei jungen Thieren von 27 mm Länge, also kurz nach der Geburt, an dem die Kaufläche umschließenden Theile des Schmelzorgans die Durchwachsung bereits vollendet ist, während in den Schmelzfalten nahe dem Grunde der Papille noch deutliches Gallertgewebe liegt. —

[1] F. Roetter, l. c. pag. 463.

Das Bindegewebe wuchert ziemlich stark und verdrängt die sternförmigen Zellen der Gallerte immer mehr. Zum Schlusse bleibt von der Zellmasse der Schmelzkappe nur das innere Schmelzepithel, darunter das kubische Stützepithel erhalten, von dem einzelne Zapfen noch in das Bindegewebe einragen. Das so entstandene persistirende Schmelzorgan gleicht dann vollkommen dem gleichen Gebilde am Nagezahn, wenn es auch in etwas anderer Weise sich entwickelte. Da der Bau desselben am Schneidezahn in der schon mehrfach erwähnten Arbeit von F. Roetter genau beschrieben wurde, so kann ich hier auf diese verweisen.

Die ursprünglich glockenförmige Schmelzkappe erleidet noch weitere Veränderungen dadurch, dass sie an drei Stellen, welche den drei cementbedeckten Streifen des fertigen Zahnes entsprechen, unterbrochen wird, so dass das junge Dentin frei gegen das Bindegewebe des Zahnsäckchens liegt.

Dieses Stadium wird erreicht, indem die Zellen der Schmelzkappe sich immer mehr abflachen und schließlich ganz an diesen Stellen schwinden; natürlich liegen dann Mesodermzellen unmittelbar dem Dentin an. An diesen nicht mehr vom Schmelzorgan bekleideten Stellen verknöchern die Mesodermzellen, welche sich epithelartig gruppirt haben, und gehen eine sehr feste Verbindung mit dem zu derselben Zeit sich bildenden Dentin ein. Meine Präparate ließen mich diesen Process sehr gut verfolgen. Sowie an den bereits bezeichneten drei Stellen die Schmelzkappe unterbrochen wurde, legen sich kubische Mesodermzellen von der Wand des Zahnsäckchens an die Lücke und scheiden wie echte Osteoblasten Kalk aus. Bald ist eine ziemlich dicke Cementlage gebildet, in deren Kalkgrundsubstanz die Reste der Bildungszellen deutlich erkennbar sind. — Nachdem auf solche Weise die wesentlichsten Umbildungen der Schmelzkappe eingeleitet sind, d. h. nachdem die Verdrängung der Schmelzgallerte durch Bindegewebe und die Bildung der Cementstreifen begonnen hat, ist das weitere Schicksal derselben verhältnismäßig einfach. Der an der Seitenwand liegende Theil wird zum persistirenden Schmelzorgan, der über der Kaufläche liegende verhornt und wird beim Durchbruch abgestoßen. Die Kaufläche eines noch im Zahnsäckchen eingeschlossenen Zahnes ist nicht flach, wie im späteren Alter, sondern es erheben sich auf ihr kleine konische Schmelzhöcker. Jedem Prisma des Zahnes sitzt ein abgestumpfter Kegel auf, der einen soliden Schmelzmantel trägt, nur die äußerste Spitze derselben ist eben so wie bei Mus schmelzfrei und lässt Dentin unbedeckt zu

Tage treten. Entsprechend diesen Bezirken unterbleibt in der darüber liegenden Schicht des inneren Schmelzepithels die Ausbildung cylindrischer Zellen, und kubische Elemente decken wie bei Mus die Dentinfläche.

Blasius[1] hat auf die Schmelzhöcker der Arvicola-Molaren aufmerksam gemacht, aber die Dentinflächen derselben nicht erkannt. Er sagt: »In der Jugend ist die Schmelzröhre oben auf der Zahnkrone geschlossen; erst mit der Benutzung des Zahnes werden die scharfen Schmelzkanten allmählich zu einer flachen Kaufläche abgeschliffen; die Zahnsubstanz tritt erst schwach, in schmalen Streifen, dann bis zu einer bestimmten Tiefe immer mächtiger zum Vorschein, und wird dann von der weißen Schmelzröhre in abwechselnden, meist durch Berührung mit der gegenüberliegenden Schmelzwand geschlossenen, in der Form allmählich wechselnden Schlingen begrenzt.«

Da sich beim Durchbruche der Molaren von Arvicola dieselben Erscheinungen wiederholen, welche ich schon bei Mus ausführlicher beschrieben habe, so brauche ich hier nicht näher darauf einzugehen. Der Molar von Arvicola wird, bis zum Durchbruche von dem mit Bindegewebe durchwachsenen Schmelzorgane bekleidet, das durch den Zahnhals mit dem Mundhöhlenepithel in Verbindung steht. Die hier liegenden Elemente der Schmelzkappe verlieren die frühere Form und unterliegen der Verhornung, so dass ein wesentlicher Unterschied von den Epithelzellen der Mundhöhle nicht mehr aufzufinden ist. Durch Druck, der durch Produktion neuer Zahnsubstanz am Papillengrunde bedingt ist, wird dann der verhornte Theil der Schmelzkappe und die über die Alveole hinziehende Epithellage mechanisch gesprengt; die äußeren Lagen der Schmelzkappe aber bleiben erhalten. Das persistirende Schmelzorgan, welches aus den tiefer gelegenen Bezirken der Schmelzkappe hervorgeht, hat besondere Eigenthümlichkeiten der Ausdehnung. Es ist zunächst an den drei Cementstellen unterbrochen und schließt sich auch am Grunde der Papille, wo der Umschlagsrand der Schmelzkappe in embryonaler Ausbildung erhalten bleibt, nicht zu einem vollständigen Mantel, während doch am Schneidezahn dieser Rand als geschlossener Reif die Papille umzieht. Am unteren Drittel des Zahnes liegt das Schmelzorgan allen schmelzbedeckten Theilen eng an, aber höher hinauf breitet es sich ungleichmäßiger aus. Die hohen Schmelzzellen schwinden an vielen

[1] J. H. Blasius, Naturgeschichte der Säugethiere. Braunschweig 1857.

Stellen, und das Schmelzorgan reicht dann mit zungenförmigen, nach oben zugespitzten Ausläufern nur an den Seiten der Schmelzfalten, welche der breiten Seite eines jeden Zahnes zugekehrt sind, in die Höhe, also im Oberkiefer an den nach vorn und im Unterkiefer an den nach hinten gelegenen Seiten der Falten. Indem sich die nach oben gelegenen Schmelzzellen immer mehr abflachen und kubische Form gewinnen, geht das Schmelzorgan allmählich in das Plattenepithel der Mundhöhle über. An den anderen Seiten der Falten, wo das Schmelzorgan kürzere Ausdehnung besitzt, stößt Bindegewebe unmittelbar an den Schmelz des Zahnes.

Vergleichung der Entwicklung des wurzeltragenden und wurzellosen Molaren.

Wenn man die Entwicklung des wurzeltragenden und des wurzellosen Molaren in vergleichender Weise betrachtet, so fallen eine Menge von Differenzen in die Augen, die man vorher nicht erwartet hätte.

Schon die allererste Differenzirung der Schmelzkappe, die dadurch ihre ursprüngliche Glockenform verliert, verläuft bei Mus anders als bei Arvicola. Denn die gegen die Papille einspringenden Falten des Schmelzorgans liegen bei Mus an der gegen das Mundepithel gerichteten Fläche, während sie bei Arvicola mehr von der Seite eingreifen (Fig. 1 und 2). Es ist desshalb bei etlicher Übung sehr leicht, nach der Form des Schmelzorgans zu bestimmen, ob aus der Anlage ein Wurzelzahn oder ein permanent wachsender werden wird. Dieser Unterschied ist besonders deutlich an den beiden ersten Molaren des Oberkiefers. Der Rand der Schmelzkappe springt bei Mus als stark verdünnte Membran gegen die Papille ein, um sie stark vom Mesoderm der Kieferanlage abzuschnüren (Fig. 4), bei Arvicola jedoch bleibt er immer in die Tiefe gerichtet und ist wulstförmig.

Selbstverständlich reicht die Schmelzkappe eines permanent wachsenden, prismatischen Zahnes weiter in das Kiefergewebe und erzeugt eine tiefere Alveole als bei dem Wurzelzahn. Auch an Größe muss die Anlage des schmelzfaltigen Zahnes die des Wurzelzahnes übertreffen (vgl. die Tabelle, pag. 684).

Diese Differenzen werden verstärkt, da die Schmelzkappe von Arvicola eine besondere histologische Gliederung erfährt, wobei neue Unterschiede zwischen Mus und Arvicola auffallen. Während bei

den Molaren von Mus die Durchwachsung durch Bindegewebe nicht sehr vollständig ist, geschieht die Verdrängung der Schmelzgallerte bei den Molaren von Arvicola in den Falten bis auf das kubische Stützepithel so gründlich, dass man später in den Falten nur noch Bindegewebe findet.

Bei Arvicola geht dann die Differenzirung noch weiter durch die Unterbrechung der Schmelzkappe an drei Stellen, wo später die Dentinanlage je eine Cementleiste durch Verknöcherung des periostalen Bindegewebes erhält.

Obwohl diese Punkte gegen eine nähere phylogenetische Zusammengehörigkeit sprechen, lassen sich doch andere Momente wiederum für homologen Entwicklungsgang geltend machen.

Zunächst bietet das Schicksal des Schmelzorgans bei beiden Arten Anknüpfungspunkte. Übereinstimmend wird bei der Annäherung des Zahnes an das Mundepithel der die Kaufläche deckende Theil des Schmelzorgans immer schmäler. Die Cylinderzellen des inneren Schmelzepithels werden kubisch und platten sich schließlich sammt der größeren Masse der Gallertzellen ab. Bei Mus bleibt die äußere Wand der Schmelzkappe lebenskräftig, und besonders der den Rand der Emailkrone umkleidende Theil derselben wird auch während des Durchbruches erhalten, um als Umschlag des Mundepithels den oberen Rand der Alveole auszukleiden (Fig. 3). Bei Arvicola sind die wesentlichen Erscheinungen fast vollkommen übereinstimmend. An den Spitzen der Schmelzhöcker, die den jungen Zahn von Arvicola charakterisiren, geht die Schmelzkappe durch Verhornung zu Grunde. Aber die äußeren Partien derselben bleiben ebenfalls lebenskräftig und gehen einerseits direkt in die unteren Zelllagen des Mundepithels, andererseits in das Epithel des persistirenden Schmelzorgans über (Fig. 4). Sie bleiben wie bei Mus während des ganzen Lebens als Umschlagsrand des Mundhöhlenepithels bestehen. Arvicola unterscheidet sich nur darin von Mus, dass es nicht die äußere Schicht des unteren Randes des Schmelzorgans, sondern ein Theil seiner Spitze ist, welcher definitiv erhalten bleibt. Das hat jedoch keine tiefere Bedeutung, denn da die Schmelzkappe des immer wachsenden Molaren tief in die Alveole reicht, kann natürlich der freie Rand derselben beim Durchbruche nicht an den oberen Rand der Alveole geschoben werden.

Als wesentlich ist hervorzuheben, dass sowohl bei Mus wie bei Arvicola Theile der äußeren Schichten des Schmelzorgans vor dem Untergange bewahrt bleiben. Dieselben liegen entsprechend der in

verschiedener Weise erfolgenden Differenzirung bei Mus an seinem unteren, bei Arvicola aber an seinem oberen Ende. Die Befunde bei Arvicola lassen sich leicht begreifen, wenn man annimmt, dass, wie Mus beweist, der untere Theil der niedrigen Schmelzkappe zuerst die Fähigkeit erhält, das ganze Leben des Individuums zu überdauern. Wächst nun bei Arvicola die Schmelzkappe zu bedeutender Länge aus, und bildet sich ein persistirendes Schmelzorgan, so kann nicht mehr der untere Rand, sondern nur der obere Abschnitt die Verbindung mit dem Mundepithel vermitteln.

Ferner ist die Form der Kaufläche, wie sie dem eben durchgebrochenen Zahne von Arvicola eigen ist, der von Mus, wenn man auch hier einen frisch durchgebrochenen Molaren ins Auge fasst, sehr ähnlich; beide besitzen konische Schmelzhöcker, an deren Spitzen das Dentin unbedeckt hervorsteht.

Beim Durchbruch besitzt also der Molar von Mus wie Arvicola eine gezackte Krone, die durch das Kaugeschäft allmählich abgeschliffen wird, so dass schließlich bei beiden Arten auf der Kaufläche Dentin freiliegt, das entweder (Arvicola) von einem gebuchteten Schmelzbande umgeben ist, oder (Mus) neben dem peripheren Schmelzreif isolirte Schmelzinseln trägt.

Der Vorgang des Abschleifens der Krone führt aber zu verschiedenen Erscheinungen, die durch das Vorhandensein oder Fehlen der Wurzeln bedingt sind.

Bei Mus wird die Abnutzung ein definitives Ende erreichen, sobald die Krone abgerieben ist; dass dieses Ziel häufig erreicht wird, zeigen Zähne alter Thiere.

Bei Arvicola hingegen bleibt das schmelzfaltige Bild der Kaufläche immer bestehen, da das persistirende Schmelzorgan und die Wachsthumsenergie der Odontoblasten stets den Substanzverbrauch durch Neubildung ergänzen.

Morphologie und Phylogenie der Molaren von Arvicola.

Nachdem ich durch das Studium der Entwicklungsgeschichte auf die merkwürdige Struktur der schmelzfaltigen Molaren aufmerksam geworden war, versuchte ich den Bauplan derselben durch Vergleichung aller Backzähne verschiedener Arten von Feldmäusen zu enträthseln. Wenn man die Zähne im Ober- und Unterkiefer betrachtet, so springt sofort die Thatsache in die Augen, dass die mit einander artikulirenden Zähne nicht gleich gerichtet sind: denn im

Unterkiefer stehen die spitzen Enden der Molaren nach vorn, im Oberkiefer sind sie nach hinten gerichtet, und das spitze Ende jedes Unterkieferzahnes trifft auf das breite Ende seines Antagonisten im Oberkiefer.

Die drei Cementleisten liegen, wie bereits erwähnt, an verschiedenen Stellen jedes Zahnes, zwei am abgerundeten Ende an der facialen und lingualen Kante, eine am entgegengesetzten mehr spitzen Ende; das wiederholt sich an allen Gliedern des Gebisses. Also trifft die Seite des Zahnes, welche eine Cementleiste besitzt und im Unterkiefer nach vorn sieht, auf die Seite des Oberkieferzahnes, an der zwei bilateral gelegene Cementleisten stehen. Man muss desshalb, um bei der Formvergleichung der Zähne zu richtigen Ergebnissen zu gelangen, je eine Zahnreihe des Oberkiefers gegen die entgegengesetzte Reihe im Unterkiefer um 180° drehen, dann fallen die spitzen und stumpfen Enden aller Molaren auf einander.

Bei der morphologischen Vergleichung muss man desshalb das Vorderende eines Unterkiefermolaren dem Hinterende eines Oberkiefermolaren als entsprechend ansehen. Vergleicht man ferner die Form der einzelnen Zähne, so wird man den früheren Beobachtern beistimmen, welche die große Ähnlichkeit zwischen dem dritten hintersten Molaren des Oberkiefers und dem ersten vordersten Molaren im Unterkiefer hervorheben. M_2 ist in beiden Kiefern ziemlich gleichförmig, desshalb muss M_3 des Unterkiefers M_1 im Oberkiefer entsprechen. So lässt sich auf Grund der anatomischen Thatsachen zunächst für die schmelzfaltigen Zähne von Arvicola die Behauptung aufstellen, dass die Richtung der oberen und unteren Reihe gerade umgekehrt ist. Durch theoretische Betrachtung der Entwicklung der Zähne in einer Einstülpung des Hautzahn-Anlagen enthaltenden Ektoderms ist B. Dybowski[1] zu der ähnlichen Auffassung gelangt, dass die Zähne des Ober- und Unterkiefers in der Richtung von rechts nach links um 180° gedreht seien, aber er hat seine Meinung durch Thatsachen nicht als zwingend erwiesen.

Nach dem Vorgange von Blasius hat man von den schmelzfaltigen Molaren immer nur die Gestaltung ihrer Kauflächen beschrieben und nach dem gebuchteten Verlauf des Schmelzbandes eine größere

[1] B. Dybowski, Studien über die Säugethierzähne. Verhandlungen der k. k. zoolog.-botanisch. Gesellschaft. Wien 1889. pag. 3.

oder geringere Anzahl von Schmelzschlingen unterschieden. Diese Art der Betrachtung reicht jedoch für die morphologische Analyse nicht aus, denn in vielen Fällen hängt es rein von der Willkür des Beobachters ab, ob er eine oder mehrere Schmelzschlingen an einem Zahne deuten will, der ganz seicht einspringende Falten besitzt; ferner ist der Begriff: Schlinge viel zu unbestimmt, um darauf eine genaue Formvergleichung zu begründen. Man darf eben nicht einseitig die Kaufläche studiren, sondern muss die Gesammtform des Zahnes in Betracht ziehen, dann findet man sichere Grundlagen der Vergleichung.

Winkelige Schmelzrinnen springen längs der ganzen Seitenfläche in den prismatischen Zahn ein und verleihen ihm das Aussehen, das man als »schmelzfaltig« bezeichnet. Die Form der Rinnen lässt sich zwar auch nicht gut vergleichen, da diese an dem gebogenen Zahne in schwer zu definirenden Kurvenabschnitten verlaufen, aber ihre gegenseitige Stellung, das relative Lageverhältnis kann man sehr leicht und genau bestimmen, und man darf, um den logischen Process zu vereinfachen, nur den Querschnitt des Zahnes, d. i. die Kaufläche, ins Auge fassen, wo die Lage der einspringenden Schmelzrinnen aus den winkeligen Schmelzfalten leicht abgeleitet werden kann.

Von allen Molaren hat M_2 im Oberkiefer den einfachsten Bau, wegen der regelmäßigen Lagerung seiner Falten und der geringen Anzahl derselben. Da er in gleicher Form bei allen Arvicola-Species, mit alleiniger Ausnahme von Arvicola agrestis, vorkommt, so scheint er den Typus des Arvicolamolaren zu repräsentiren.

Von allen Arten wiederum besitzt Arvicola amphibius die am einfachsten gebauten Molaren; desshalb will ich meine Betrachtungen an dessen Zahnreihe beginnen. In den Abbildungen auf Taf. XXV Fig. 10—14 ist immer je eine Reihe des Oberkiefers und des Unterkiefers neben einander gestellt, und damit die entsprechenden Seiten der einzelnen Molaren gleich liegen, die eine Reihe um 180° gedreht. Dabei wurde nicht die obere und untere Reihe ein und derselben Seite gewählt, sondern die gekreuzten Reihen, da hierdurch die Übersichtlichkeit besser gewahrt wird.

Es wird sich bald zeigen, dass an allen Gliedern des Gebisses drei bestimmt gegen einander gelagerte Falten auftreten.

Der leichteren Übersicht wegen bezeichne ich die Falten, welche an sämmtlichen Molaren vorkommen, und durch welche ich mir den typischen Molar von Arvicola repräsentirt denke (eine Form wie sie

oben der zweite Molar im Oberkiefer besitzt), mit den griechischen Buchstaben α, β und γ, alle übrigen Falten aber mit den lateinischen Buchstaben a—g.

Die drei typischen Falten sind am zweiten Molar im Oberkiefer von Arvicola amphibius allein entwickelt, und zwar liegt an der lingualen Seite des Zahnes eine Falte (α), gegenüber an der facialen Seite liegen zwei Falten, von denen ich die vordere mit β, die hintere mit γ bezeichne. Die Falte α greift stets zwischen die Falten β und γ so ein, dass Falte β vor, Falte γ hinter α liegt (Fig. 10).

M_1 im Oberkiefer zeigt deutlich die eben beschriebenen drei Falten in der charakteristischen Lagerung, aber am abgerundeten Ende vor der lingualen Falte α springt eine Falte a ein, die einzig und allein dem ersten Molar im Oberkiefer zukommt. Sie bezeugt ihre Sonderstellung dadurch, dass die beiden Kanten, sowohl die vordere wie hintere Kante dieser Falte, eine Cementleiste besitzen.

Der dritte Molar im Oberkiefer besitzt ebenfalls die Falten α, β und γ, außerdem aber auch an der lingualen Seite nach dem hinteren spitzen Ende eine Falte b, die hinter Falte α liegt. Die Falte b kommt im Oberkiefer nur M_3 zu, aber alle drei Molaren im Unterkiefer besitzen sie als typische Eigenthümlichkeit. Will man die Lagerung und die Homologien der Schmelzfalten an den oberen Backzähnen graphisch ausdrücken, so ergeben sich die folgenden Formeln:

$$M_1 \begin{matrix} \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha \; a \qquad M_2 \begin{matrix} \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha \qquad M_3 \begin{matrix} b \\ \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha$$

Die vier Falten α, β, γ und b sind allen Molaren des Unterkiefers gemeinsam, und es gleichen M_2 und M_3 darin vollkommen M_3 des Oberkiefers. Dagegen hat M_1 noch drei neue accessorische Falten entwickelt, die nach seinem spitzen Ende zu liegen. Als Formel ergiebt sich für die Molaren des Unterkiefers:

$$M_3 \begin{matrix} b \\ \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha \qquad M_2 \begin{matrix} b \\ \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha \qquad M_1 \begin{matrix} c \\ d \\ e \\ b \\ \gamma \\ \beta \end{matrix} \alpha$$

Wenn man die einzelnen Zähne von Arvicola amphibius unter sich vergleicht, so erkennt man das Gesetz, dass sie sämmtlich das Bestreben besitzen, ihre Kauflächen durch Ansetzen neuer Falten zu vergrößern; da sie hierbei aber von den Raumverhältnissen der Kiefer und der gegenseitigen Lage zu einander abhängig sind, so haben die einzelnen Zähne hierin verschiedene Fortschritte gemacht.

Das Auftreten neuer Falten geschieht stets am spitzen Ende des Zahnes. Am weitesten geht in dieser Richtung M_1 im Unterkiefer, was einfach dadurch verständlich wird, dass derselbe durch keinen Nachbarzahn beengt sich frei am vorderen Ende ausdehnen konnte.

Eine Ausnahme macht nur M_1 im Oberkiefer, welcher am stumpfen vorderen Ende eine accessorische Falte bildete. Wahrscheinlich wird dieselbe so entstanden sein, dass zunächst das vorderste Prisma des Molaren in die Länge wuchs, worauf eine neue Falte an der lingualen Seite dasselbe in zwei Prismen zerlegte. Die dadurch neuentstandene Kante, welche natürlich die erste linguale ist, hat eine Unterstützung durch Verknöcherung des angrenzenden Periostes erhalten; die ursprünglich vorderste Kante, welche jetzt die zweite linguale geworden ist, hat jedoch ihre Cementleiste beibehalten.

Hierin liegt auch der Grund, wesshalb ich meinen Betrachtungen nicht die Molaren derselben Seite, sondern die der gekreuzten Seiten zu Grunde legte. Denn hätte ich die gleichen Seiten gewählt, so müsste ich im Unterkiefer überall an Stelle der Falte β die Falte α setzen; somit wäre bei allen Zähnen im Unterkiefer ein Auswachsen am stumpfen Ende eingetreten, was zur Folge hätte haben müssen, dass die beiden Falte α begrenzenden Kanten je eine Cementleiste besitzen müssten. Aus der histologischen Untersuchung geht jedoch hervor, dass dies nicht der Fall ist, also kann ich diese Falte nur mit Falte β bezeichnen.

Wenn man nach den eben erörterten Gesichtspunkten die Vergleichung über die Gebissreihen verschiedener Arten von Arvicola ausdehnt, so tritt das Bestreben, die Kaufläche durch neu einspringende Falten zu kompliciren, klar hervor[1].

Ganz besonders ist der erste Zahn im Unterkiefer und der letzte

[1] Da die Erlanger Sammlung keinen Reichthum an verschiedenen Arvicolaschädeln aufzuweisen hat, und es mir aus äußerlichen Gründen unmöglich war, ein genügendes Skeletmaterial zusammenzubringen, so kann ich die Vergleichung leider nur auf Grund der von Blasius gegebenen Zeichnungen ausführen.

im Oberkiefer einer fortschreitenden Entwicklung unterworfen; was durch die Angabe von Blasius (l. c. pag. 332), dass die Form dieser beiden Molaren nach dem Alter des Thieres veränderlich sei, wohl verständlich wird. Die übrigen Zähne M_1 und M_2 im Oberkiefer und M_2 und M_3 im Unterkiefer zeigen bei allen Arten keine wesentlichen Änderungen des Bauplanes, Unterschiede sind nur dadurch bedingt, dass die Falten in geringerem oder stärkerem Grade in den Dentinkern einspringen; eine Ausnahme davon macht nur A. agrestis, die am zweiten oberen Molaren eine neue Falte erhält. Am dritten Molaren des Oberkiefers von A. ratticeps sind gegen das spitze Ende zwei gegenständige Falten (*c* und *d* an der facialen und lingualen Seite) aufgetreten, sie erhalten sich bei allen weiter zu besprechenden Arten regelmäßig. Hingegen gleicht der erste Molar im Unterkiefer in der Faltenordnung ganz M_1 bei A. amphibius.

Bei A. gregalis erscheint an der lingualen Seite von M_1 im Unterkiefer, wiederum gegen das spitze Ende, eine neue Falte *g*. Die gegenüberliegende Falte an der facialen Seite (*f*) tritt bei A. Savii auf, diese beiden Falten (*f* und *g*) sind bei den Arten: Savii, arvalis, campestris, subterraneus und agrestis typische Erscheinungen.

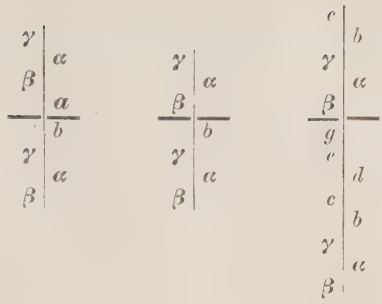
A. nivalis und ambiguus zeigen abweichende Ausbildung, nivalis hat am dritten Molar im Oberkiefer nur eine neue faciale Falte *c*, bei dem fossilen ambiguus findet sich außerdem am ersten Molar im Unterkiefer eine linguale Falte *g*.

In dem Folgenden gebe ich in derselben Weise, wie ich es schon bei A. amphibius gethan habe, eine graphische Darstellung der Zahl und Lage der Falten bei den verschiedenen Arten von Arvicola.

Im Zähler des Bruches befinden sich die Buchstaben für die Falten der oberen Molaren, im Nenner die für die unteren. Die hier gegebenen Formeln werden durch die Fig. 10—14 der Tafel XXV illustrirt.

A. nivalis: $\frac{\gamma\ \alpha\ \beta\ a}{b\ \gamma\ \alpha\ \beta}$ 4 $\frac{\gamma\ \alpha\ \beta}{b\ \gamma\ \alpha\ \beta}$ 3 $\frac{c\ b\ \gamma\ \alpha\ \beta}{e\ d\ c\ b\ \gamma\ \alpha\ \beta}$ 5 Falten 4 7 Falten

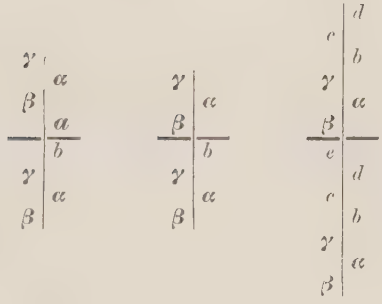
A. ambiguus:



5 Falten

8 Falten

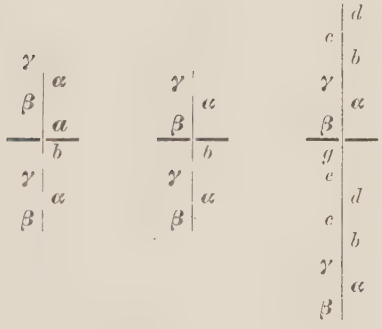
A. ratticeps:



6 Falten

7 Falten

A. gregalis:



6 Falten

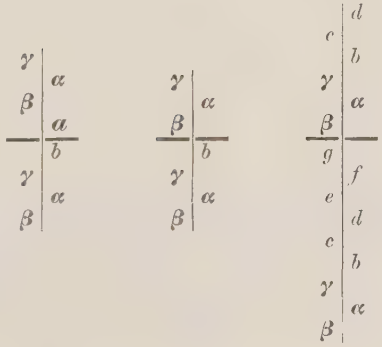
8 Falten

A. Savii

A. arvalis

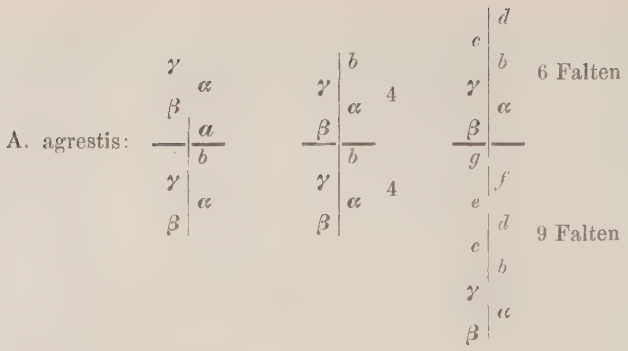
A. campestris

A. subterraneus



6 Falten

9 Falten



Ein Blick auf die Abbildungen zeigt, dass die Molaren der verschiedenen Arten von Arvicola durch Ansetzen neuer seichter Falten und durch das allmähliche tiefere Eingreifen derselben sich immer mehr compliciren. Man kann desshalb folgenden Stammbaum der Zahnentwicklung aufstellen:

Vor mehreren Jahren hat Baume[1] den Beweis zu erbringen versucht, dass die Wurzelzähne der Säugethiere von Wurzellosen abstammen und im Laufe der phylogenetischen Entwicklung in meh-

[1] Versuch einer Entwicklungsgeschichte des Gebisses. Leipzig 1882.

reren Stämmen die Umwandlung in den Wurzelzahn geschehen sei. Er hat für seine Meinung ein ungeheures Material zusammengestellt, das wohl für seine Ansicht zu sprechen scheint; allein durch genauere Prüfung der Thatsachen wird man bald zu der Überzeugung geführt, dass die phylogenetische Beurtheilung derselben durch Baume in einer sehr einseitigen Weise erfolgte, und dass seine kühnen Hypothesen nicht die sichere Grundlage exakter Beobachtung stützt.

Baume hebt folgende Punkte besonders hervor: der immer wachsende Zahn stellt nichts weiter als eine riesige Schmelzkrone ohne Wurzeln dar. Da die Abnutzung an der Kaufläche fortwährend ergänzt wird, so findet eine massige Produktion von Zahnsubstanz statt.

Die Erscheinung des unbegrenzten Wachsthums will er als ursprünglich betrachtet wissen, weil die gegentheilige Annahme zu falschen Konsequenzen führe. Denn sowie man den permanent wachsenden Zahn vom Wurzelzahn ableite, müsse man annehmen, dass in der Thierreihe eine Rückkehr von der beschränkten Bildung des Schmelzes und Dentins zu der starken Produktion der Zahnsubstanzen stattgefunden habe. Diese Folgerung würde aber der Thatsache vollkommen ins Gesicht schlagen, dass die Reduktion der Bezahnung bei den meisten Säugethieren bedeutende Fortschritte gemacht habe und jetzt noch mache.

Baume schließt also, weil die Zahl der Zähne im Säugergebisse stetig verringert wird, muss der einzelne Zahn ebenfalls immer sparsamer ausgebildet werden.

Ich muss gestehen, dass ich die zwingende Nothwendigkeit dieses Schlusses nicht einsehen kann. Baume aber stützt denselben zunächst auf die weite Verbreitung des permanent wachsenden Zahnes durch alle Ordnungen der heute lebenden Säuger und darauf, dass diese Zahnform mehr den alten Formen eigen sei; daraus leitet er ferner ab, dass der wurzellose Zahn auf dem Aussterbeetat stehe, und dass sämmtliche Thiere mit solchen Zähnen im Laufe der Zeiten untergehen würden, nur die Nager würden die Kunde dieser Einrichtung in ferne Zukunft tragen. Wie der immer wachsende Zahn entstand, führt er pag. 164 aus, dort sagt er: »Die erste Anlage wuchs wahrscheinlich fortwährend. Dadurch wurde die Anlage und Entwicklung aller weiteren Zahnkeime inhibirt, denn der sich fortbildende Zahn zog alles Bildungsmaterial an sich. Er selbst wuchs fortwährend und wurde stets, entsprechend seiner Abnutzung an der

Oberfläche, an seiner Basis ergänzt. Er funktionirte auf diese Weise während des ganzen Lebens allein und machte dadurch alle weiteren Zahnanlagen überdies entbehrlich. So entstand ein starkes Produkt bei viel geringerem Verbrauch von Zahnsubstanzen. Es war ein ganz neues Princip in der Zahnform — eine geringe Abweichung in der embryonalen Anlage, denn das Fortwachsen eines Zahnkeimes ist doch anatomisch eine sehr geringe Divergenz.«

Der wurzellose Zahn ist aber nicht so einfach gebaut, wie BAUME meint, der in seiner Abhandlung überhaupt keine genaueren Mittheilungen über die histologische Struktur desselben und über die das ständige Wachsthum garantirenden Einrichtungen giebt.

Es hängt freilich in letzter Instanz von dem Belieben des Beurtheilers ab, ob er den wurzellosen oder den wurzeltragenden Zahn als einfacher ansehen will, denn es fehlt uns für den Vergleich das absolute Maß; aber durch die vorhergehende Darstellung wird doch klar geworden sein, dass der permanent wachsende Zahn mit allen Hilfseinrichtungen sicher nicht einfacher organisirt ist, als der Wurzelzahn. Es ist unnöthig, die Anschauungen BAUME's im Einzelnen zu widerlegen, nachdem die meisten paläontologischen und odontologischen Forscher zwingende Beweise für die gegentheilige Ansicht beigebracht. Hier sollte durch die Kritik BAUME's nur gezeigt werden, dass er, eben so wie er die fundamentalen paläontologischen Arbeiten außer Acht ließ, so auch die genauere Untersuchung des prismatischen Zahnes versäumte.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Prof. Dr. SELENKA für die Freundlichkeit, mit der er mir alle Hilfsmittel des zoologischen Instituts zur Verfügung stellte, meinen wärmsten Dank aussprechen.

Zu ganz besonderem Danke bin ich Herrn Privatdocenten Dr. FLEISCHMANN verpflichtet, der mich mit größter Liebenswürdigkeit und Zuvorkommenheit bei meinen Untersuchungen unterstützte.

Übersicht über die Größenentwicklung der Molaren bei Mus und Arvicola.

A. Mus musculus.

Alter und Länge	M_1 sup.	M_2 sup.	M_3 sup.
Embryo 19 mm	0,6 mm	0,35 mm Rinne	0,1 mm
	0,8 -	0,4 - -	0,1 -
2 *d* 27 -	1,29 -	0,48 - -	0,1 -
4 *d* 28 -	1,39 -	0,72 - Anlage	0,19 -
	(Krone fertig)	(dicke Schmelz- und Dentinlage)	
7 *d* 30 -	1,60 mm	1,05 mm	0,21 -
	(Wurzelbildung beginnt)	(Krone fertig)	(Kronenfalten)
10 *d* 37 -	1,65 mm	0,9 mm	0,36 mm
16 *d* 41 -	1,50 -	0,79 -	0,54 -
	(durchgebrochen)	(durchgebrochen)	(Wurzelbildung beginnt)
22 *d* 45 -	1,65 mm	0,63 mm	0,51 mm
28 *d* 50 -	1,62 -	0,57 -	0,52 -

B. Arvicola arvalis.

Länge	M_1 sup.	M_2 sup.	M_3 sup.
Embryo	Anlage 0,6 mm	Rinne 0,4 mm	—
-	- 0,76 -	Anlage 0,46 -	Rinne 0,18 mm
23 mm -	- 1,56 -	- 0,75 -	- 0,39 -
27 - neugeb.	- 1,09 -	- 0,61 -	Anlage 0,33 -
31 -	- 1,68 -	- 1,2 -	- 0,57 -
39 -	- 2,74 -	- 1,48 -	- 1,48 -

Die zu dieser Arbeit gehörende ***Tafel XXV*** *nebst Erklärung befindet sich im »Morpholog. Jahrbuch«. XVI. Bd. 4. Heft.*

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.